

DOCKET NO.: 265257US8PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kazuhiro IKEDA

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/09803

INTERNATIONAL FILING DATE: August 1, 2003

FOR: POLARIZATION MODE DISPERSION COMPENSATOR, POLARIZATION MODE
DISPERSION COMPENSATING METHOD, AND ITS APPLICATION TO OPTICAL
COMMUNICATION SYSTEM

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION

Commissioner for Patents
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that
the applicant claims as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO</u>	<u>DAY/MONTH/YEAR</u>
Japan	2002-226388	02 August 2002
Japan	2003-190540	02 July 2003

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the
International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/09803. Receipt of the certified
copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been
acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Bradley D. Lytle
Attorney of Record
Registration No. 40,073
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

Customer Number

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 08/03)

PCT/JP03/09803

PCT

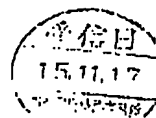
**NOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT**

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

KAWAWA, Takaho
1-10, Mita 3-chome
Minato-ku, Tokyo 108-0073
Japan



Date of mailing (day/month/year) 04 November 2003 (04.11.03)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference PCT03021	
International application No. PCT/JP03/09803	
International publication date (day/month/year) Not yet published	
Applicant THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD et al	International filing date (day/month/year) 01 August 2003 (01.08.03) Priority date (day/month/year) 02 August 2002 (02.08.02)

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk(*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
02 Augu 2002 (02.08.02)	2002-226388	JP	12 Sept 2003 (12.09.03)
13 Marc 2003 (13.03.03)	60/454,425	US	12 Sept 2003 (12.09.03)
02 July 2003 (02.07.03)	2003-190540	JP	19 Sept 2003 (19.09.03)

BEST AVAILABLE COPY

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 338.90.90	Authorized officer taieb AKREMI (Fax 338 9090) Telephone No. (41-22) 338 9415
--	---

10/522751
PCT/JP 03/09803

01.08.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 19 SEP 2003

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 9 0 5 4 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 9 0 5 4 0]

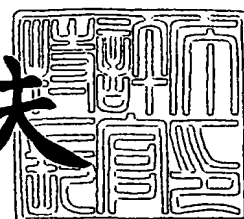
出 願 人 古 河 電 気 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 9 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 2 8 7 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 P0306079

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/18

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

 【氏名】 池田 和浩

【特許出願人】

 【識別番号】 000005290

 【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100101764

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 川和 高穂

 【電話番号】 03-3769-0466

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 034522

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9805685

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 偏波モード分散補償器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 伝送路を伝搬する光信号に発生する偏波モード分散を補償する偏波モード分散補償器であって、

前記伝送路を経由して入射された光信号に偏光変換を施す偏波コントローラと

前記偏波コントローラによって偏光変換された光信号に固定量の PMD（偏波モード分散）を付与する固定 PMD 付与部と、

前記固定 PMD 付与部から出力された光信号の状態を監視するモニタ手段と、

前記モニタ手段からのフィードバック信号に基づき前記偏波コントローラを制御する制御手段と、

を備え、前記固定 PMD 付与部が付与する前記固定量の PMD は、固定の 1 次 PMD と固定の 2 次 PMD とからなることを特徴とする偏波モード分散補償器。

【請求項 2】 前記固定 PMD 付与部は、固有偏光軸に相対角度をつけて連結した複数の偏波保持光ファイバ又は 1 軸性複屈折結晶からなることを特徴とする請求項 1 に記載の偏波モード分散補償器。

【請求項 3】 伝送路を伝搬する光信号に発生する偏波モード分散を補償する偏波モード分散補償器であって、

前記伝送路を経由して入射された光信号に偏光変換を施す第 1 の偏波コントローラと、

前記第 1 の偏波コントローラによって偏光変換された光信号に固定の 1 次 PMD のみを付与する第 1 の固定 PMD 付与部と、

前記第 1 の固定 PMD 付与部から出力された光信号に偏光変換を施す第 2 の偏波コントローラと、

前記第 2 の偏波コントローラによって偏光変換された光信号に固定の 2 次 PMD のみを付与する第 2 の固定 PMD 付与部と、

前記第 2 の固定 PMD 付与部から出力された光信号の状態を監視するモニタ手段と、

前記モニタ手段からのフィードバック信号に基づき前記第1の偏波コントローラ及び前記第2の偏波コントローラを制御する制御手段と、
を備えることを特徴とする偏波モード分散補償器。

【請求項4】 前記第1の固定PMD付与部は、1つの偏波保持光ファイバ又は1軸性複屈折結晶からなることを特徴とする請求項3に記載の偏波モード分散補償器。

【請求項5】 前記第2の固定PMD付与部は、固有偏光軸に相対角度をつけて連結した3つ以上の偏波保持光ファイバ又は1軸性複屈折結晶からなることを特徴とする請求項3に記載の偏波モード分散補償器。

【請求項6】 前記第2の固定PMD付与部の連結部のいずれかに固定の偏光変換器を配置し、当該偏光変換器に前記第2の固定PMD付与部の1次PMDを0とするような偏光変換機能を持たせたことを特徴とする請求項5に記載の偏波モード分散補償器。

【請求項7】 前記第1の固定PMD付与部又は前記第2の固定PMD付与部の温度を調整する温度調整手段を更に備えることを特徴とする請求項1又は請求項3に記載の偏波モード分散補償器。

【請求項8】 1つの偏波コントローラと1つの偏光子又は偏光分離素子からなる2次PMD抑圧部を後段に配置したことを特徴とする請求項1又は請求項3に記載の偏波モード分散補償器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光信号により情報伝送を行う光通信の技術分野に関し、特に、光信号の伝送路で発生する偏波モード分散を補償する機能を具備する偏波モード分散補償器の技術分野に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、光通信分野においては伝送情報の大容量化、高速化が要請され、そのためにWDM (Wavelength Division Multiplexing) 等の種々の要素技術が研究さ

れている。このように高速かつ大容量の光通信を行う場合、従来はあまり問題とならなかった偏波モード分散 (PMD: Polarization Mode Dispersion) が光信号の伝送特性を制限する重要なパラメータとして注目されるようになった。そこで、PMDの影響を補償するためのPMD補償器の検討が進められている。

【0003】

上記PMD補償器に関しては多数の提案がなされており、例えば、特許文献1～3にそれぞれ開示されている。特許文献1においては、伝送路を伝搬してきた光信号の主偏光 (PSP: Principal States of Polarization) と呼ばれる分離した直交偏光成分のそれぞれを、群遅延時間 (DGD: Differential Group Delay) 付与部の直交する2つの固有偏光 (ESP: Eigen States of Polarization) のそれぞれに偏光変換する偏波コントローラと、上記のDGD付与部と、伝搬してきた光パルスのPMDによる波形歪みをモニタするモニタ検出手段と、このモニタ手段からの制御信号により上記偏波コントローラを制御する制御装置とを備えたPMD補償装置が開示されている。

【0004】

また、特許文献2においては、偏波コントローラと伝送路に発生するPMD量よりも大きなPMDを持たせた固定DGD付与部分を受信器の前に配置し、光の偏光度 (DOP: Degree of Polarization) をモニタして、このDOPが最大値となるように制御することにより、伝送路全体 (伝送路、偏波コントローラ、DGD付与部を含む送信器端から受信器端まで) のPSPを、送信器から発振されている光の偏光状態 (SOP: State of Polarization) に一致させるように構成された偏波モード分散補償装置が開示されている。

【0005】

また、特許文献3においては、特許文献1、2の場合とPMD補償方法についての概念は同様であるが、制御量をDOPとし、そのDOPのモニタ手段として偏光解析器や特許文献2に開示されている偏波コントローラ及び偏光子を使用するように構成されたPMD補償器が開示されている。

【0006】

さらに、上記各特許文献に開示された従来技術は、いずれも1次PMDに対す

る補償について有効ではあるものの、実際の伝送路に適用する場合には2次PMDの影響が問題となることが知られている。このような2次PMDの影響を比較的簡易な手法で軽減するための検討は、例えば、OFC2002, WI4, Technical Digest p.236に開示されている。かかる検討によれば、特許文献2に開示されているようなPMD補償装置の後段に、偏波コントローラ及び偏光子を配置し、偏光子からの出力を最大化することによってPMD補償装置からの出力偏光を直線偏光に合わせるとともに、直線偏光以外の偏光成分を除去する構成が開示されている。これにより、2次PMDに起因する成分の1つであるデポラライズ成分（非偏光成分）をキャンセルすることができる。

【0007】

【特許文献1】

特開平11-196046

【特許文献2】

特表2000-507430

【特許文献3】

特開2000-31903

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上述のWDMを適用した光通信システムにおいては、波長の異なる複数の光信号を用いて多数のチャネルによる多重伝送を行うので、それぞれの波長の光信号におけるPMDの影響を補償することが求められる。しかし、複数波長のPMDを一括して補償することは困難であり、WDMにおける各チャネルにそれぞれPMD補償器が必要となってしまうため、安価で簡易なPMD補償器の実現が望まれている。それと同時に、1次PMDに加えて2次PMDを抑圧又は補償することが望まれている。

【0009】

しかしながら、上記各特許文献におけるPMD補償器の従来技術では、上述したようなWDMに適用する場合に望ましいPMD補償器を提供すること容易ではない。すなわち、従来の1次PMD補償器では、偏波コントローラとDGD付与

部とPMDモニタ手段を用いる構成が最も簡易で安価に構成可能であるが、2次PMD補償機能は実現できない。一方、2次PMD補償機能を実現可能なPMD補償器には、偏波コントローラと直線偏光子を付加して構成する必要があるが、この場合は偏波コントローラが2つ必要になり制御が複雑になる。

【0010】

そこで、本発明はこれらの問題を解決するためになされたものであり、簡単な構成で1次PMDに加えて2次PMDを十分に抑圧することができる偏波モード分散補償器を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の偏波モード分散補償器は、伝送路を伝搬する光信号に発生する偏波モード分散を補償する偏波モード分散補償器であって、前記伝送路を経由して入射された光信号に偏光変換を施す偏波コントローラと、前記偏波コントローラによって偏光変換された光信号に固定量のPMD（偏波モード分散）を付与する固定PMD付与部と、前記固定PMD付与部から出力された光信号の状態を監視するモニタ手段と、前記モニタ手段からのフィードバック信号に基づき前記偏波コントローラを制御する制御手段とを備え、前記固定PMD付与部が付与する前記固定量のPMDは、固定の1次PMDと固定の2次PMDとからなることを特徴とする。

【0012】

この発明によれば、伝送路を経由して伝搬された光信号は偏波コントローラにより偏光変換された後、固定PMD付与部により固定の1次PMDと固定の2次PMDを付与される。そして、固定PMD付与部から出力された光信号の状態がモニタ手段で監視され、そのフィードバック信号に基づき制御手段により偏波コントローラが制御される。その結果、光信号のPMDの影響は適切に補償され、構成及び制御を複雑にすることなく、固定PMD付与部の作用により1次PMDに加えて2次PMDを十分に抑圧することが可能となる。

【0013】

また、請求項3に記載の発明は、伝送路を伝搬する光信号に発生する偏波モー

ド分散を補償する偏波モード分散補償器であって、前記伝送路を経由して入射された光信号に偏光変換を施す第1の偏波コントローラと、前記第1の偏波コントローラによって偏光変換された光信号に固定の1次PMDのみを付与する第1の固定PMD付与部と、前記第1の固定PMD付与部から出力された光信号に偏光変換を施す第2の偏波コントローラと、前記第2の偏波コントローラによって偏光変換された光信号に固定の2次PMDのみを付与する第2の固定PMD付与部と、前記第2の固定PMD付与部から出力された光信号の状態を監視するモニタ手段と、前記モニタ手段からのフィードバック信号に基づき前記第1の偏波コントローラ及び前記第2の偏波コントローラを制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

【0014】

この発明によれば、伝送路を経由して伝搬された光信号は第1の偏波コントローラにより偏光変換された後、第1の固定PMD付与部により固定の1次PMDを付与される。続いて、第1のPMD付与部から出力された光信号は第2の偏波コントローラにより偏光変換された後、第2の固定PMD付与部により固定の2次PMDを付与される。そして、第2の固定PMD付与部から出力された光信号の偏波状態がモニタ手段で監視され、そのフィードバック信号に基づき制御手段により第1の偏波コントローラと第2の偏波コントローラが制御される。その結果、請求項1に記載の発明と同様に光信号のPMDの影響は適切に補償し得るとともに、調整の自由度をより高めた上で2次PMDを十分に抑圧することが可能となる。

【0015】

請求項1に記載の発明においては、前記固定PMD付与部を、固有偏光軸に相対角度をつけて連結した複数の偏波保持光ファイバ又は1軸性複屈折結晶から構成してもよい。

【0016】

また、請求項3に記載の発明においては、前記第1の固定PMD付与部を、1つの偏波保持光ファイバ又は1軸性複屈折結晶から構成してもよい。

【0017】

また、請求項 3 に記載の発明においては、前記第 2 の固定 PMD 付与部を、固有偏光軸に相対角度をつけて連結した 3 つ以上の偏波保持光ファイバ又は 1 軸性複屈折結晶から構成してもよい。

【0018】

このように、本発明によれば、上述したような各 PMD 付与部を構成する場合、一般的で安価な部材を採用することができる。

【0019】

また、請求項 3 に記載の発明においては、前記第 2 の固定 PMD 付与部を、固有偏光軸に相対角度をつけて連結した 3 つ以上の偏波保持光ファイバ又は 1 軸性複屈折結晶から構成した場合、前記第 2 の固定 PMD 付与部の連結部のいずれかに固定の偏光変換器を配置し、当該偏光変換器に前記第 2 の固定 PMD 付与部の 1 次 PMD を 0 とするような偏光変換機能を持たせてよい。

【0020】

また、請求項 1 又は請求項 3 に記載の発明においては、前記第 1 の固定 PMD 付与部又は前記第 2 の固定 PMD 付与部の温度を調整する温度調整手段を更に備える構成としてもよい。

【0021】

また、請求項 1 又は請求項 3 に記載の発明においては、1 つの偏波コントローラと 1 つの偏光子又は偏光分離素子からなる 2 次 PMD 抑圧部を後段に配置してもよい。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施の形態を図面に基づいて説明する。ここでは、光信号の伝送路において一対の送信器と受信器の間の受信機側に介挿して使用される PMD 補償器に対して本発明を適用した 2 つの実施形態について説明する。

【0023】

図 1 は、本発明を適用した第 1 の実施形態に係る PMD 補償器 10 の構成を示す図である。図 1 に示すように第 1 の実施形態では、偏波コントローラ 101 と、固定 PMD 付与部 102 と、受信器 103 と、モニタ部 104 と、制御回路 1

05とを含んでPMD補償器10が構成されている。

【0024】

図1に示すPMD補償器10には、外部から光ファイバ等からなる伝送路を経由して光信号が入射される。このとき、PMD補償器10に入射される光信号は、伝送路中で2つの直交する偏波モード間にDGDが生じること（及びその周波数分散）により所定のPMD量を有する状態になっている。

【0025】

図1の構成において、偏波コントローラ101は、光信号の伝送路と光学的に結合され、PMD補償器10に入射される光信号に対して後述のようにモニタ部104からのフィードバック信号に対応して制御回路105から出力された制御信号に基づき適正な偏光変換制御を施して所望の偏光状態の光信号を出力する。

【0026】

固定PMD付与部102は、偏波コントローラ101から出力された光信号に固定量のPMDを付与する素子である。第1の実施形態では、固定PMD付与部102が1次PMDの成分に加えて2次PMDの成分を備え、1次PMDと2次PMDの双方を補償可能に構成したことを特徴としている。なお、固定PMD付与部102の具体的な構成及び動作については後述する。

【0027】

本発明の受信手段としての受信器103は、固定PMD付与部102から出力された光信号を受光し、デジタル信号を抽出する。また、本発明のモニタ手段としてのモニタ部104は、受信器103の動作に基づき光信号のPMDの状態を監視し、監視結果に対応するフィードバック信号を出力する。

【0028】

なお、図1の例では、モニタ部104は、例えば受信器103におけるエラー信号などの動作状態を判別してPMDの状態を監視する場合を示しているが、固定PMD付与部102から出力された光信号を分岐し、分岐された光信号に基づいてPMDの状態を監視する構成であってもよい。

【0029】

本発明の制御手段としての制御回路105は、モニタ部104から出力された

フィードバック信号を受け、このフィードバック信号に応じた制御信号を偏波コントローラ 101 に供給する。よって、光信号の PMD における状態の変動はフィードバック信号に変化を生じさせ、それを速やかに偏波コントローラ 101 に対する制御状態に反映させることができる。

【0030】

次に、図 2 を用いて固定 PMD 付与部 102 における PMD ベクトルによる補償原理について説明する。図 2 (a) に示すように、光信号を伝送する伝送路の PMD 特性は、1 次 PMD ベクトル Ω_T と 2 次 PMD ベクトル Ω_T' とを用いて表すことができる。なお、図 2 (a) において、1 次 PMD ベクトルと 2 次 PMD ベクトルは直交するものとして説明を行う。実際には、両者には平行な成分も存在するが、これらは伝送特性に与える影響が小さいのに対し、直交成分が伝送特性に大きな影響を与えるので、本実施形態に係る PMD 補償器 10 では直交成分を対象として扱い、平行成分は省略して扱うものとする。

【0031】

図 2 (a) に示すように、固定 PMD 付与部 102 が固定の 1 次 PMD ベクトル Ω_C の成分のみを備えている場合、PMD 補償器 10 は系全体の PMD ベクトル Ω_F の方向を伝送路への入力信号光の偏光状態 S_{in} の方向に一致させることにより、1 次 PMD の効果を補償することができる。これに対し、2 次 PMD ベクトル Ω_T' の影響は、PMD 補償器 10 と伝送路との間のモード結合によって新たに発生する 2 次 PMD ベクトル Ω_A' と合わさって残存することになる。この 2 次 PMD ベクトル Ω_A' は、伝送路の 1 次 PMD ベクトル Ω_T と 1 次 PMD ベクトル Ω_C との相対角度に基づいて方向及び長さが定まるので、調整することはできない。

【0032】

図 2 (b) は、固定 PMD 付与部 102 に基づく 2 次 PMD の補償原理を説明する図である。図 2 (b) に示すように、固定 PMD 付与部 102 には、固定の 1 次 PMD ベクトル Ω_C に加えて固定の 2 次 PMD ベクトル Ω_C' の成分を備えているとする。このとき、図 2 (b) における 1 次 PMD ベクトル Ω_C を軸として回転させた場合、1 次 PMD の補償状態には影響を与えることなく、1 次 PMD

ベクトル Ω_C と垂直な面内において 2 次 PMD ベクトル Ω_C' の方向を自在に調整することが可能となる。この場合、 $\Omega_T' + \Omega_A' + \Omega_C'$ を最小化するように調整を行うか、あるいは光信号の劣化を最小に抑えるように調整を行うことができるので、固定 PMD 付与部 102 において 2 次 PMD 成分の抑圧が可能となる。

【0033】

次に、上述のような固定の 2 次 PMD 成分を備えた PMD 付与部 102 の具体例を図 3 に示す。PMD 付与部 102 は、複数の直線複屈折媒質を固有偏光軸に相対角度をつけて連結させることにより構成することができる。図 3 の例では、直線複屈折媒質 102a、102b、102c…を所定の相対角度で順次連結する場合を示している。直線複屈折媒質としては、例えば、偏波保持ファイバ(PMF: Polarization Maintaining Fiber)を用いるか、あるいはルチル結晶などの 1 軸性複屈折結晶を用いることができる。

【0034】

PMF を用いて PMD 付与部 102 を構成する場合は、融着接続器を使用し、相対角度をつけて PMF の所定の接続箇所を融着すればよい。また、1 軸性複屈折結晶を用いて PMD 付与部 102 を構成する場合は、コリメータを用いてファイバからの出力光を一旦平行ビームに変換し、結晶光学軸に相対角度をつけて配置した結晶を透過させることにより実現することができる。

【0035】

PMD 付与部 102 により 1 次 PMD ベクトルに直交する 2 次 PMD 成分のみを発生させる場合には、2 段構成の直線複屈折媒質を用いれば十分である。この場合、各々の直線複屈折媒質の DGD をそれぞれ τ_1 、 τ_2 とし、その相対角度を θ とすると、PMD 付与部 102 における 1 次 PMD 量 (DGD)、及び 2 次 PMD 量 (SOPMD) は、2 次 PMD ベクトルの長さをを用いて次式のように表すことができる。

【0036】

$$\langle \text{DGD} \rangle = (\tau_1^2 + \tau_2^2 + 2\tau_1\tau_2\cos 2\theta)^{1/2} \quad [\text{ps}]$$

$$\langle \text{SOPMD} \rangle = \tau_1\tau_2\sin 2\theta \quad [\text{ps}^2]$$

上式で表される DGD 及び SOPMD は、本実施形態に係る PMD 補償器 10

を適用する伝送路に適合するように選択可能である。具体的には、DGD及びSOPMDの確率密度分布に基づき統計的に最良に振舞う最適値を選択し、DGD及びSOPMDがその最適値となるように、 τ_1 、 τ_2 、 θ を様々な値に定めることができる。

【0037】

次に図4は、本発明を適用した第2の実施形態に係るPMD補償器20の構成を示す図である。上述したように第1の実施形態においては、固定の2次PMDベクトル Ω_C' は、固定の1次PMDベクトル Ω_C の垂直な面内で調整を行う構成であるのに対し、第2の実施形態では調整の自由度をより高くできる構成を採用する。具体的には図4に示すように、第1偏波コントローラ201と、固定DGD付与部202と、第2偏波コントローラ203と、固定SOPMD付与部204と、受信器205と、モニタ部206と、制御回路207とを含んで第2の実施形態に係るPMD補償器20が構成されている。

【0038】

図4に示すPMD補償器20においては、第1の実施形態と同様の伝送路を経由して入射した光信号に対し、第1偏波コントローラ201による偏光変換制御が施された後、固定DGD付与部202に導かれる。この固定DGD付与部202は、固定の1次PMDの成分のみを備えた素子であり、本発明の第1の固定PMD付与部として機能する。

【0039】

そして、固定DGD付与部202から出力された光信号に対し、第2偏波コントローラ203による偏光変換制御が施された後、固定SOPMD付与部204に導かれる。この固定SOPMD付与部204は、固定の2次PMDの成分のみを備えた素子であり、本発明の第2の固定PMD付与部として機能する。なお、PMD補償器20の受信器205及びモニタ部206は、第1の実施形態の場合と同様の機能を持つ。

【0040】

このような構成により、第2の実施形態に係るPMD補償器20は、固定の1次PMDベクトルに制約されることなく、固定の2次PMDベクトルを所望の方

向に向けることが可能となる。よって、PMD補償器20による2次PMDの抑圧効果を高めることができる。

【0041】

次に、第2の実施形態において、上述の固定DGD付与部202及び固定SOPMD付与部204の具体的な構成例を図5及び図6を用いて説明する。まず、固定DGD付与部202は、単一のPMF又は1軸性複屈折結晶を用いて構成することができる。一方、固定SOPMD付与部204は、第1の実施形態の図3に示す構成と同様にして多段のPMF又は1軸性複屈折結晶を用いて構成することができる。よって、固定DGD付与部202及び固定SOPMD付与部204の最小の構成としては、3つのPMF又は1軸性複屈折結晶を用いればよいことになるが、この構成では上述したような固有偏光軸に相対角度をつけて連結させるだけでは、SOPMDを残したままの状態では全体のDGDを0にすることができない。

【0042】

そこで、固定SOPMD付与部204の構成として、図5又は図6に示すように、3つのPMF又は1軸性複屈折結晶等である素子204a～204fを連結させた場合のいずれかの連結部に、固定の偏光変換器204gを配置することにより、全体のDGDを0にする場合を示す。固定の偏光変換器204gは、光学位相素子を組み合わせて所定の偏光変換機能を持たせることにより実現することができる。

【0043】

図5は、1段目の素子204a、2段目の素子204b、固定の偏光変換器204g、3段目の素子204cの順で配置した固定SOPMD付与部204の例を示している。また、図6は、1段目の素子204d、2段目の素子204e、固定の偏光変換器204g、3段目の素子204fの順で配置した固定SOPMD付与部204の例を示している。いずれの構成においても、図5及び図6に各々のPMDベクトルを示すように、固定SOPMD付与部204に作用に基づき全体のDGDを打ち消すことができる。

【0044】

なお、上述の固定SOPMD付与部204において、大きな温度変動が発生した場合、各々のPMFや1軸性複屈折結晶内において2つの固有偏光モード間の位相揺らぎが引き起こされることにより、1次PMDベクトル及び2次PMDベクトルの方向が揺らぐことがある。従って、このような温度変動の影響を軽減するためには、温度調整装置（温度調整手段）によって固定PMD付与部204の温度を一定に保つ必要がある。

【0045】

また、本発明の変形例として、図7に示すようにPMD補償器30を構成してもよい。図7に示す変形例は、本発明者による提案（特願2002226388）に基づく構成であり、偏波コントローラ301と、固定PMD付与部302と、偏波コントローラ303と、偏光子（又は偏光分離素子）304と、受信器305と、モニタ部306と、制御回路306とを含んでPMD補償器30が構成されている。本変形例においては、1つの偏波コントローラ303及び1つの偏光子（又は偏光分離素子）304が2次PMD抑圧部として機能し、これを後段に配置することにより組み合わせることが可能となり、さらに2次PMDの補償効果を高めることができる。

【0046】

以上説明した本発明は、上記の実施形態に限定されることなく、様々な変更が可能である。例えば、第1の実施形態における固定PMD102、第2の実施形態における固定DGD付与部202、固定SOPMD付与部204を構成する部材と組み合わせ方法は、同様の機能を持たせることができれば自在に選択することができる。

【0047】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、構成が簡単で制御が容易な偏波モード分散補償器を実現できるとともに、1次PMDのみならず2次PMDに対する抑圧効果が高い偏波モード分散補償器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を適用した第1の実施形態に係るPMD補償器の構成を示す図である。

【図2】

第1の実施形態において、PMD補償器の固定PMD付与部におけるPMDベクトルによる補償原理について説明する図である。

【図3】

第1の実施形態において、固定の2次PMD成分を備えたPMD付与部の具体例を示す図である。

【図4】

本発明を適用した第2の実施形態に係るPMD補償器の構成を示す図である。

【図5】

第2の実施形態において、固定SOPMD付与部の第1の構成例を示す図である。

【図6】

第2の実施形態において、固定SOPMD付与部の第2の構成例を示す図である。

【図7】

本発明の変形例に係るPMD補償器の構成を示す図である。

【符号の説明】

- 10、20、30…PMD補償器
- 101…偏波コントローラ
- 102…固定PMD付与部
- 103…受信器
- 104…モニタ部
- 105…制御回路
- 201…第1偏波コントローラ
- 202…固定DGD付与部
- 203…第2偏波コントローラ
- 204…固定SOPMD付与部

2 0 5 …受信器

2 0 6 …モニタ部

2 0 7 …制御回路

3 0 1 …偏波コントローラ

3 0 2 …固定PMD付与部

3 0 3 …偏波コントローラ

3 0 4 …偏光子（偏光分離素子）

3 0 5 …受信器

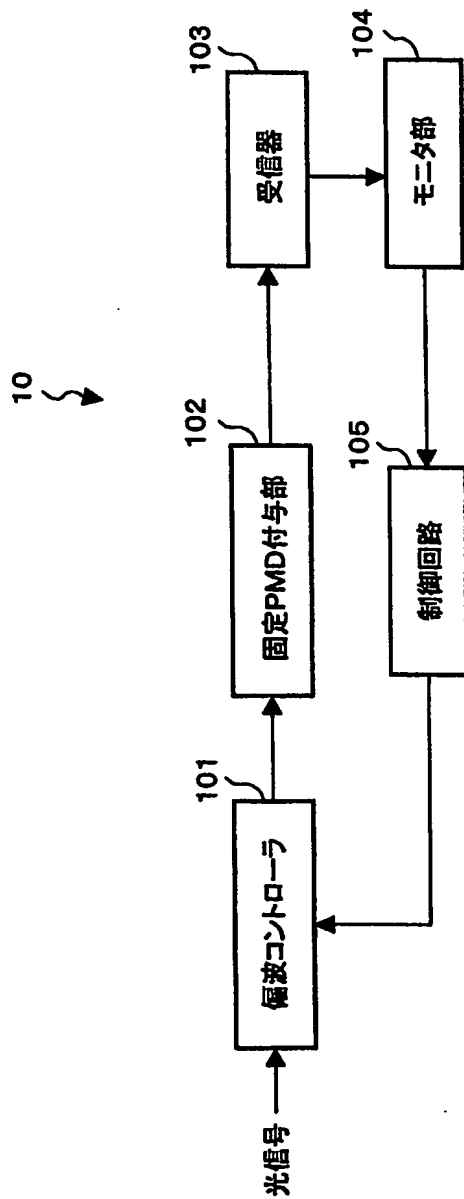
3 0 6 …モニタ部

3 0 7 …制御回路

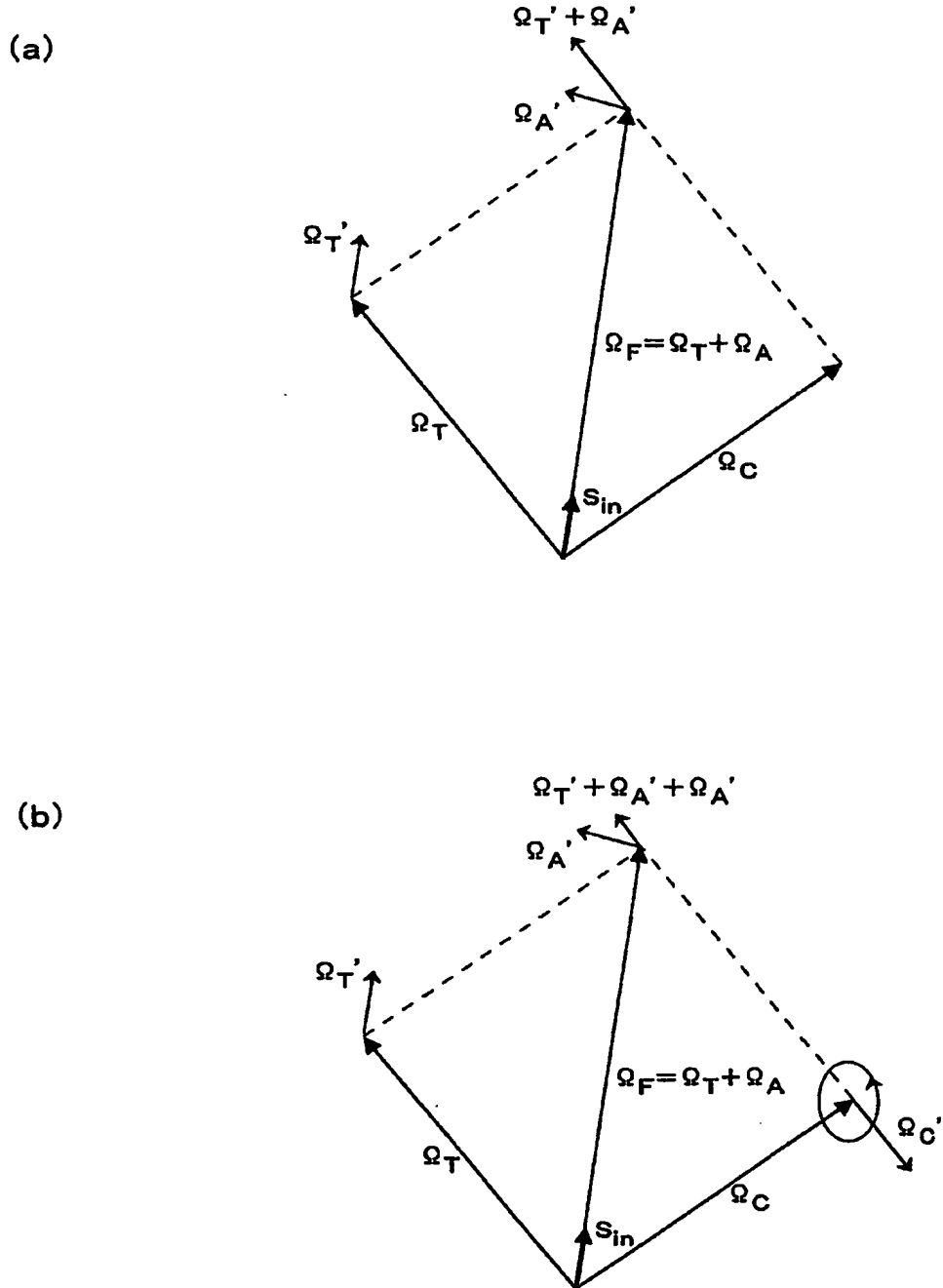
【書類名】

図面

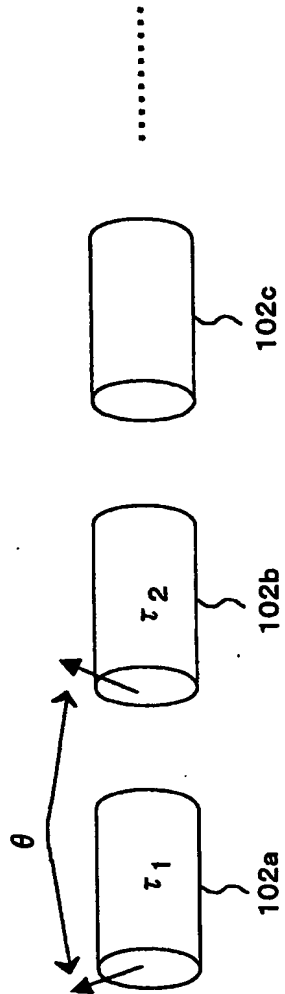
【図 1】



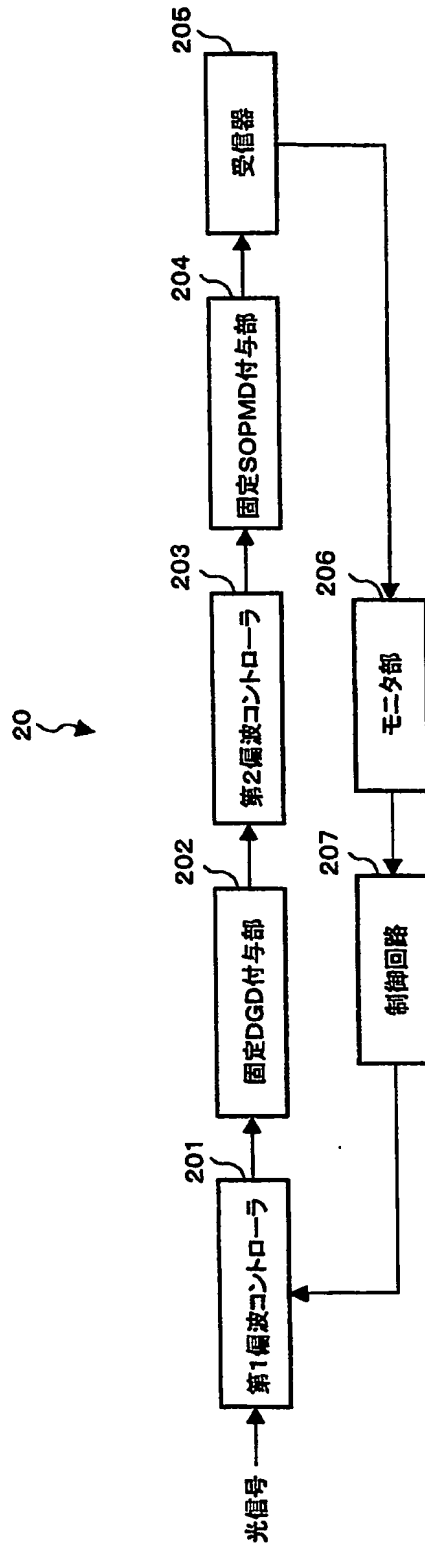
【図 2】



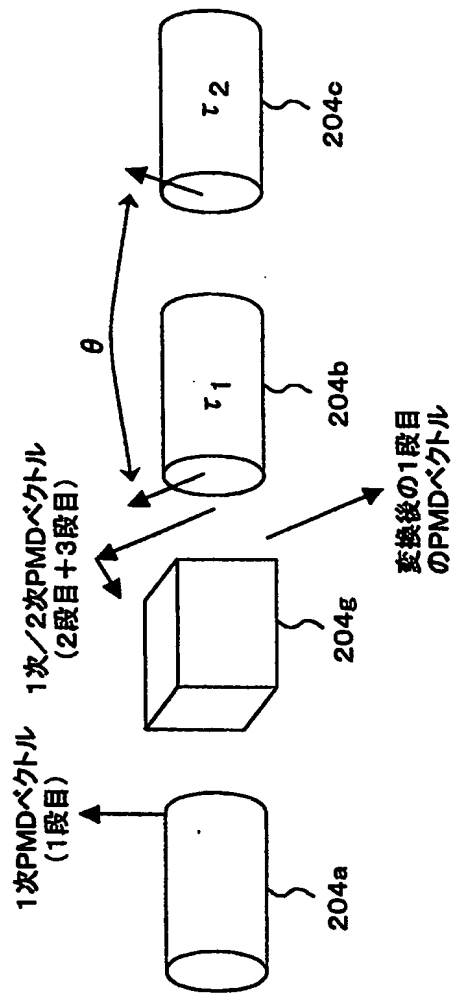
【図 3】



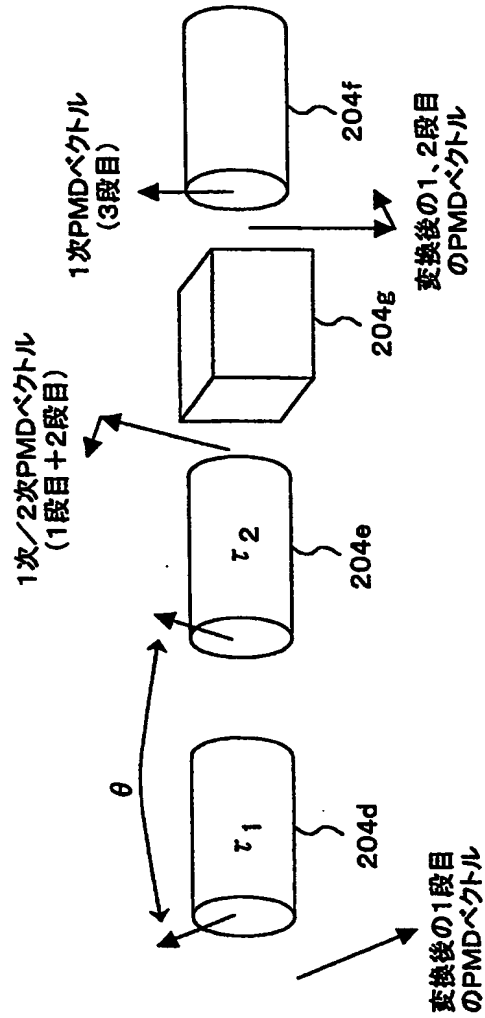
【図 4】



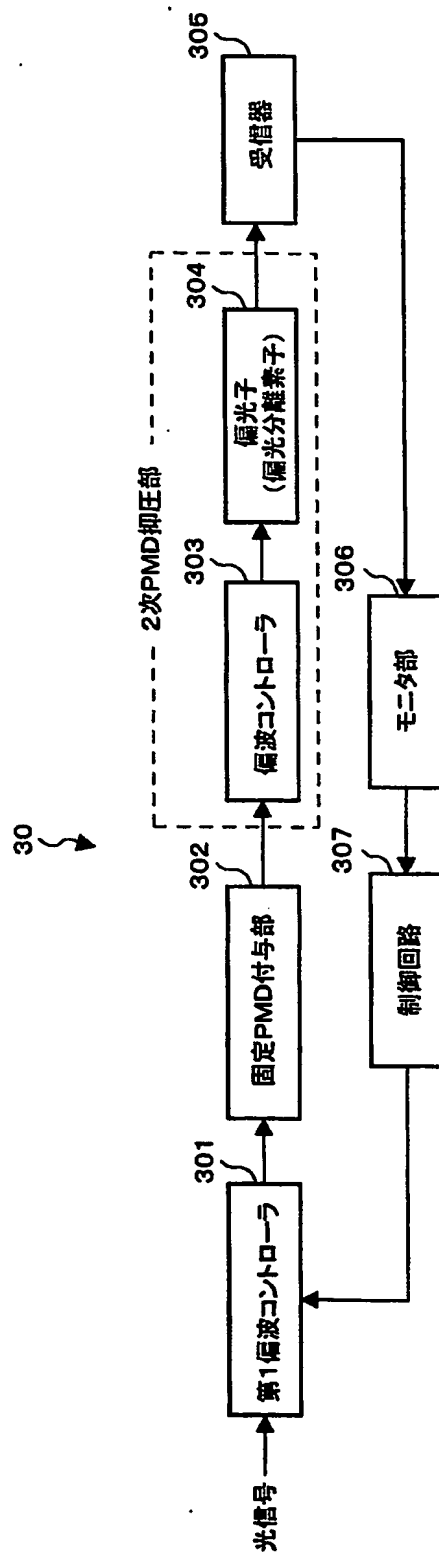
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な構成で 1 次 PMD に加えて 2 次 PMD を十分に抑圧することが可能な偏波モード分散補償器を提供する。

【解決手段】 伝送路を伝搬する光信号に発生する偏波モード分散を補償する偏波モード分散補償器であって、伝送路を経由して入射された光信号に偏光変換を施す偏波コントローラ 101 と、偏波コントローラ 101 によって偏光変換された光信号に固定量の PMD (偏波モード分散) を付与する固定 PMD 付与部 102 と、受信器 103 の出力に基づき固定 PMD 付与部 102 から出力された光信号の状態を監視するモニタ手段 104 と、モニタ手段 104 からのフィードバック信号に基づき偏波コントローラ 101 を制御する制御手段 105 とを備え、固定 PMD 付与部 102 が付与する固定量の PMD は、固定の 1 次 PMD と固定の 2 次 PMD とからなることを特徴としている。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-190540
受付番号	50301105579
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成15年 7月 3日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 7月 2日

特願 2 0 0 3 - 1 9 0 5 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名

古河電気工業株式会社